

ЧЕТЫРЁХНОЖНАЯ СПИНОВАЯ ТРУБКА С ФРУСТРИРУЮЩИМ ОБМЕННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ: СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ

Тимофеева А. С.¹, Бострем И. Г.¹, Овчинников А. С.¹

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: anna_timofeeva@bk.ru

THE FRUSTRATED FOUR-LEG SPIN TUBE: FREE ENERGY AND DETERMINATION OF THE GROUND STATE

Timofeeva A. S.¹, Bostrem I. G.¹, Ovchinnikov A. S.¹

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

This paper presents a study of the magnetically ordered (non-singlet) state of the spin tube with a frustrating exchange interaction. The authors use the path-integral formulation for spin systems. They calculate the free energy of a system whose profiles have the shape of double holes.

Спиновые трубки относятся к квазиодномерным спиновым системам. Это магнетики, в которых связанные обменным взаимодействием молекулы образуют в пространстве линии или группы линий. Такие системы являются удобной моделью для теоретических исследований, а в последнее время в связи с успехами в области синтеза новых магнитных материалов представляют и практический интерес.

Спиновой трубкой принято называть магнитную структуру, представляющую из себя несколько спиновых цепочек, связанных межцепочечным обменным взаимодействием. По числу входящих в магнитную структуру спиновых цепочек различают трехножные, четырехножные и так далее. Спиновые трубки, в силу наличия внутренней структуры у каждой ее ступеньки, естественно, могут обладать более богатым набором уникальных магнитных свойств, чем простые цепочки.

Рассматриваемая нами спиновая система служит упрощенной моделью квазидвумерного органического ферромагнетика VIPNNBNO , синтезированного группой японских физхимиков, и в частности может быть применена при анализе его процесса намагничивания. [1].

В данной работе мы ограничились изучением магнитоупорядоченного (несинглетного) состояния модели. Для этой цели был использован формализм континуального интегрирования для спиновых систем, предложенный в работе [2].

Метод континуального интегрирования позволяет решить вопрос выбора угла α , параметризующего классическую спиновую конфигурацию на кольце. Полученные профили свободной энергии имеют форму двойных ям, что делает возможным эффекты квантового туннелирования между эквивалентными

классическими конфигурациями в такой системе. Это означает, что система обладает вырождением, возникающим из-за эффекта фрустрации, связанным с обменным параметром J_2 .

При увеличении модуля J_1 (взаимодействия вдоль трубки, между блоками) уменьшается вероятность перехода из одного устойчивого состояния в другое (барьер становится выше). А вот при росте фрустрирующего взаимодействия J_2 (перекрестное внутри блока между спинами $S=1$), вероятность перехода увеличивается. В переходе к квантовому пределу возникают дополнительные минимумы. Если в классическом случае минимуму соответствуют углы $\alpha = 0, \pi$, то при понижении температуры картинка изменяется. На рисунке показано положение спинов, которое соответствует точкам минимума свободной энергии при $J_2=1$ в квантовом пределе.

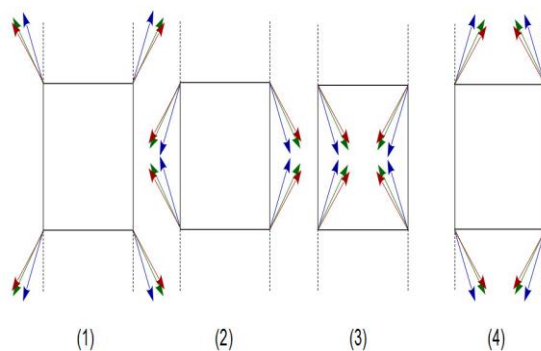


Рис. 1. Положения спинов, соответствующие минимумам свободной энергии в квантовом пределе при $J_2=1$ (синий для $J_1=-2$, зеленый - $J_1=-0.5$, красный - $J_1=-0.1$)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-02-00213

1. Ovchinnikov A.S., Sinitsyn V. E., Bostrem I. G., Phys.: Condensed Matter, 24, 306003, (2012)
2. Plat X., Fuji Y., Capponi S., Phys. Rev. B, 91, 064411, (2015)